

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Абросимова М.Б. «Графовые модели отказоустойчивости», представленную к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

На современные цифровые системы (ЦС), повсеместно используемые практически во всех отраслях производства и в различных системах управления, постоянно возлагаются все более важные и ответственные функции. Отказ таких ЦС, используемых, к примеру, в системах управления атомными станциями, опасными химическими производствами и т.п., может привести к катастрофическим последствиям. По этой причине происходит постоянное ужесточение требований к надежности ЦС. Известны два подхода к повышению надежности ЦС. Один состоит в разработке высоконадежных компонентов ЦС, но он имеет, к сожалению, ограниченные возможности, обусловленные спецификой физической природы происходящих в них процессов. Второй подход основан на введении в ЦС избыточности, обеспечивающей ей свойство отказоустойчивости. Заметим, что отказоустойчивость наряду с чисто технической интерпретацией имеет также и вполне естественную интерпретацию в терминах теории графов. Диссертация Абросимова М.Б. посвящена исследованию проблемы отказоустойчивости, базирующемуся на формализации понятия полной отказоустойчивости систем, предложенной в 1976 году Хейзом. Отметим, что в последнее время близкие по природе проблемы расширения графов начали исследоваться и нашли приложения в криптографии. В связи с изложенным полагаю, что проблемы, обсуждаемые в рассматриваемой диссертации, несомненно являются актуальными.

Диссертация Абросимова М.Б. состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении автор приводит обоснование актуальности проблем, исследуемых в диссертации, соображения, подтверждающие научную новизну полученных результатов и, наконец, перечислены выносимые на защиту положения. Здесь же приводятся данные апробации полученных результатов на ряде международных и всероссийских конференций, о практических внедрениях результатов диссертации.

В первой главе автор приводит и иллюстрирует основные понятия теории графов, определяет часто используемые далее различные типы графов,

описывает их свойства. Отдельный раздел главы посвящен описанию различных типов отказоустойчивости, перечислению разновидностей избыточности, используемых для реализации отказоустойчивости. Описана модель полной отказоустойчивости, предложенная Хейзом, вводятся широко используемые далее понятия вершинного и реберного расширения графов и различные их разновидности.

Вторая глава диссертации является центральной как по важности представленных в ней результатов, так и по общему объему материала (занимает около 130 стр.- примерно половину всей работы). Материал главы посвящен вершинным расширениям графов. Здесь предложен и обоснован алгоритм построения всех минимальных вершинных k -расширений, доказан ряд утверждений об их свойствах (леммы 2.1.1-2.1.5). На основе этих свойств автором диссертации установлен вид минимальных вершинных k -расширений для ряда классов графов, в том числе полного n -вершинного графа K_n , вполне несвязного n -вершинного графа O_n , 1-расширения цепи P_n и т.д. (теоремы 2.1.1 – 2.1.11). Отмечу, что упомянутые утверждения потребовали далеко нетривиальных доказательств. В качестве примера укажу на доказательство теоремы 2.1.11, потребовавшее проявления изобретательности автора. О сложности доказательства говорит отчасти его объем – оно занимает около 7 страниц. В этой главе также исследованы связи конструкции минимального вершинного k -расширения и операции дополнения графа. Здесь введено понятие дополнительности k -расширения и доказаны два его необходимых условия существования. На этой основе приведен и обоснован критерий наличия свойства дополнительности k -расширения. При $k > 1$, как доказано в теореме 2.1.16, только полные и вполне несвязные графы обладают свойством дополнительности k -расширения. В этом же разделе показано, что существование точного вершинного k -расширения графа требует наличия свойства дополнительности этого расширения. Раздел 2.2 посвящен вычислительной сложности задачи построения минимального вершинного k -расширения. Доказано, что задача ВЕРШИННОЕ k -РАСШИРЕНИЕ, а также задача ИЗОМОФИЗМ ПОДГРАФА являются NP -полными. Известно, что не все графы имеют единственное минимальное вершинное 1-расширение. В разделе 2.3 автором диссертации доказан ряд теорем о виде конкретных неизоморфных 1-расширений 5-вершинных графов с двумя, тремя и четырьмя ребрами. Раздел 2.4 посвящен исследованию минимальных

вершинных 1-расширений циклов. Этой проблематике посвящено большое число работ, включая работы Хейза, Махопадхья-Синха, где предложены схемы их построения. Абросимовым М.Б. предложено новое семейство минимальных 1-расширений, представляющих собой гамильтоновы n -вершинные графы при $n > 3$, где n может быть как четным, так и нечетным. Раздел 2.5 посвящен минимальным вершинным k -расширениям предполных графов. Для этих графов Абросимову М.Б. удалось полностью описать класс всех минимальных вершинных k -расширений при любом k . Им доказано, что число всех неизоморфных n -вершинных предполных графов велико, однако почти все такие графы имеют минимальное вершинное 1-расширение, которое является тривиальным. В теореме 2.5.2 этого раздела описаны такие предполные графы, которые в упомянутом смысле не являются исключением. В заключительной части раздела исследована связь конструкции вершинного расширения предполных графов с операцией соединения графов (теоремы 2.5.3 – 2.5.7). В двух последних разделах второй главы рассматриваются так называемые сверхстройные (звездоподобные) деревья, представляющие интерес с прикладной точки зрения. Для сверхстройных деревьев дается нижняя оценка числа дополнительных ребер минимального вершинного 1-расширения и описываются семейства сверхстройных деревьев, на которых эта оценка достигается. Интересными представляются результаты о связях минимальных вершинных расширений ориентированных и неориентированных графов. Их использование позволяет полностью решить задачу описания минимальных вершинных k -расширений для транзитивных турниров и ориентированных звезд.

Третья глава диссертации по структуре полностью аналогична второй, но посвящена она минимальным реберным расширениям графов. Доказывается, что задача проверки, является ли заданный граф H реберным k -расширением графа G , принадлежит к классу NP-полных задач. Кроме того, исследованы свойства реберных k -расширений и предложена общая схема для доказательства минимальности реберного k -расширения. Далее рассматриваются минимальные реберные 1-расширения циклов. Абросимову М.Б. удалось предложить новую схему построения минимальных реберных 1-расширений циклов, отличную от известных схем Хейза-Харари и Махопадхья-Синха. Дается оценка числа дополнительных ребер минимального реберного k -расширения произвольного предполного графа. Для нескольких частных случаев

предполных графов решена задача описания минимальных реберных k -расширений. Далее рассматриваются сверхстройные деревья и для них получена нижняя оценка числа дополнительных ребер минимального реберного 1-расширения и описываются семейства сверхстройных деревьев, на которых эта оценка достижима. В конце главы рассматриваются ориентированные графы. Автором диссертации полностью решена задача построения минимальных реберных k -расширений для турниров и ориентированных звезд.

В заключении обычно принято приводить основные результаты диссертации и выводы. Заключение в диссертации Абросимова М.Б. не является традиционным. В нем изложены некоторые дополнительные теоретические результаты, которые обосновывают возможное дальнейшее направление исследований.

Особо отмечу, что часть приведенных в диссертации результатов требовала проведения очень трудоемких вычислительных экспериментов, связанных с получением различных оценок, поиском конкретных видов графов с большим числом вершин и т.д. Автор хорошо справился с этой нелегкой задачей, создав соответствующее программное обеспечение, получившее государственную регистрацию.

Диссертация Абросимова М.Б. оставляет общее хорошее впечатление, однако считаю необходимым сделать следующие замечания:

1). В диссертации приведены акты о внедрении результатов исследований в различных организациях, но, как правило, не указано что же конкретно в них внедрено.

2). К сожалению, в диссертации отсутствует компактное изложение основных (по мнению самого автора) научных результатов проведенных исследований, что обычно принято представлять в разделе «Заключение».

3). В работе встречаются неоправданные повторы определений (например, определение вершинного k -расширения графа на с.36 и с.43, точного вершинного расширения на с.38 и с.44).

4). Встречаются опечатки (с.50, 86, 111 и др.), неточности (например, на рис. 1.2.4 в одна дополнительная связь указана сплошной линией вместо штрихованной).

5). Выбранная форма представления списка литературы (отсутствие порядковой нумерации) не совсем удобна, если речь идет об определении числа работ.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки диссертации.

По поводу обоснованности полученных Абросимовым М.Б. результатов следует сказать, что все они сопровождаются корректными математическими доказательствами и согласуются с ранее известными научными фактами. Упомянутые доказательства являются, как правило, далеко нетривиальными. Полученные диссертантом результаты на мой взгляд представляют несомненный интерес для специалистов в области дискретной математики и математической кибернетики. Основные результаты диссертации являются новыми и опубликованы в 74 работах, включая монографию и 18 статей в изданиях, рекомендованных ВАК. Имеются свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и акты о внедрении результатов исследований. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертация М.Б. Абросимова является законченной научно-квалификационной работой. Совокупность разработанных автором теоретических положений можно квалифицировать как крупное научное достижение.

По моему мнению диссертация Абросимова М.Б. удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям.

Считаю, что Михаил Борисович Абросимов достоин присуждения ему степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика.

Доктор технических наук, профессор Моекковского государственного университета путей сообщения (МИИТ)

Д.В. Сперанский

29.04.14г.

Сперанский Д.В. Сперанского завершил

Заместитель

